

Aus der Chirurgischen Universitätsklinik der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Untersuchung des oral-analen Frequenzgradienten
der "slow-waves" am Dünndarm mit und ohne Darm-
segmentumkehr

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von
Peter Reinheimer aus
Pfungstadt

Mainz 1976

Aus der Chirurgischen Universitätsklinik der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Untersuchung des oral-analen Frequenzgradienten
der "slow-waves" am Dünndarm mit und ohne Darm-
segmentumkehr

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von
Peter Reinheimer aus
Pfungstadt

Mainz 1976



achbereichsdekan: Prof. Dr. H. Langendorf

eferent: Prof. Dr. K. S. Hofmann

orreferent: Prof. Dr. H. Brünner

ag der mündlichen

rufung: 24. November 1976



Digitized by the Internet Archive
in 2026

GLIEDERUNG

	Seite
A) <u>Einleitung</u>	2
1. Überblick bisheriger Untersuchungen	2
2. Problemstellung	5
B) <u>Methode eigener Untersuchungen</u>	6
1. Material und experimentelle Methode	6
2. Statistische Methode	12
C) <u>Ergebnisse</u>	14
D) <u>Diskussion</u>	18
E) <u>Zusammenfassung</u>	34
F) <u>Literaturübersicht</u>	36
G) <u>Lebenslauf</u>	43

A) Einleitung

1. Überblick bisheriger Untersuchungen

Ein bis heute ungeklärtes biomechanisches Phänomen ist der aktive gerichtete Transport von festen oder flüssigen Bestandteilen in Hohlorganen des menschlichen Körpers (Ösophagus, Magen, Dünndarm, Dickdarm, Ureter). Da am Dünndarm der klarste und einheitlichste anatomische Bauplan besteht (GÖRTTLER (25)), eignet sich dieses Organ optimal zur Untersuchung.

Mechanische Aktivität glatter Muskelzellen ist immer mit elektrischen Potentialschwankungen verbunden, so daß sich durch deren Untersuchung am ehesten der komplexe Vorgang des Zusammenspiels verschiedener Muskelschichten klären läßt. Eine genaue Charakterisierung dieses bio-elektrischen Koordinierungsprinzips ist unerläßlich zur Klärung biomechanischer Fragen.

Der erste, der elektrische Potentialschwankungen am Darm beobachtete, war ALVAREZ (1). Mit feineren Methoden konnte PUESTOW (35, 36) diese Potentialschwankungen in slow-waves (langsame Potentialschwankungen) mit Überlagerten spikes differenzieren. 1946 zeigte BOZLER (9), daß ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von spikes und Kontraktionen besteht. Heute weiß man, daß die slow-waves, auch basic electric rhythm (BER) oder pacemaker potential genannt, als Membranpotentialschwankungen der Zellen in der Längsmuskelschicht des Darmes aufzufassen sind (BOGOCH, DANIEL, HONOUR (16), GREVEN (26), ICHIKAWA (31)). Diese Potentialschwankungen sind temperaturabhängig (CLIFTON (14), DANIEL (16), SALMON (39)) und bleiben auf Grund ihres myogenen Ursprungs

auch nach Atropinisierung des Versuchstieres bestehen (DANIEL (17), HOLADAY (30), MILTON (34)). Die Frequenz der slow-waves nimmt von oral nach aboral von 17-22/min auf 9-12/min ab (ARMSTRONG (2), DANIEL (17), HOLADAY (30), MILTON (34), PUESTOW (36, 37)). Da es sich aus diesem Grund nicht um die selbe Welle handeln kann, die von oral nach aboral läuft, nahmen DIAMANT (23) und BORTOFF (4) viele Segmente mit je einem Schrittmacher an, deren Länge am Katzendünndarm mit 10 cm angegeben wird. Das Membranpotential der Darmlängsmuskulatur nimmt langsam ab und zu (slow-waves) (ARMSTRONG (2), BASS (3), BORTOFF (5,6), BUNKER (11,12), CLIFTON (14), DANIEL (16, 17, 18, 19, 20), HOLADAY (30)). Bei niedrigem Membranpotential entstehen auf den slow-waves oft Salven von spikes, die in die Ringmuskulatur fortgeleitet werden und Kontraktionen hervorrufen (BORTOFF (5,6), BOUISSET (8), BOZLER (9, 10), DANIEL (21, 22), DREWES (24)). Die Ringmuskulatur scheint keine eigene elektrische Aktivität zu besitzen, sondern wird von der Längsmuskulatur beeinflusst (BORTOFF (5, 7)). Die Durchtrennung der Darmkontinuität führt zunächst zu einer Abnahme der slow-wave-Frequenz und damit der Motilität im aboralen Darm (CASTLETON (13), CODE und SZURSZEWSKI (15), IDE (32), LAUWERS (33)). Die Fortpflanzungsrichtung der slow-waves wurde von DIAMANT (23) und HIATT (27) beschrieben. Sie stellten Ubereinstimmend fest, daß sie von oral nach aboral wandern.

Zusammenfassend sind die slow-waves am Dünndarm folgendermaßen charakterisiert:

1. Sie sind myogenen Ursprungs und als Membranpotentialschwankungen der Zellen der Darmlängsmuskulatur aufzufassen (DANIEL, HONOUR, BOGOCH (16), DANIEL (17), CLIFTON (14), GREVEN (26), HOLADAY (30), ICHIKAWA (31), MILTON (34), SALMON (39)).

- . Die Frequenz der slow-waves nimmt von oral nach aboral ab (ARMSTRONG (2), DANIEL (17), HOLADAY (30), MILTON (34), PUESTOW (36, 37)).
- . Es werden viele Schrittmacher in zusammenhängenden Zellpopulationen angenommen (BORTOFF (4), DIAMANT (23)).
- . Kontraktionen des Darmes sind an das Auftreten von spikes gebunden. Diese pflanzen sich den Wellenbergen der slow-waves auf (BORTOFF (5,6), BOUISSET (8), BOZLER (9, 10), DANIEL (21, 22), DREWES (24)).
- . Die Ringmuskulatur zeigt keine eigene spontane elektrische Aktivität (BORTOFF (5, 7)).
- . Die Durchtrennung der Darmkontinuität führt zu einer Frequenzsenkung im aboralen Darm (CASTLETON (13), CODE und SZURSZEWSKI (15), DIAMANT (23), IDE (32), LAUWERS (33)).

2. Problemstellung

Viele Autoren (HIATT, DIAMANT u. a.) nahmen an, die Ausbreitungsrichtung der langsamen Potentialschwankungen eindeutig nachweisen zu können, und fanden meistens eine der peristaltischen Kontraktionen parallele Wanderung der Potentialschwankungen von oral nach anal. Da die exakte und zweifelsfreie Identifizierung der gleichen Potentialwelle an zwei Punkten der Dünndarmwand äußerst schwierig ist, beschränkt sich die vorliegende Untersuchung auf die Messung der Frequenz in der Annahme, daß eine an zwei Meßstellen abgegriffene "Welle" wenigstens in dieser Eigenschaft genau Übereinstimmen muß.

Zur besseren Charakterisierung der slow-waves wird die Konstanz der oral-anal gerichteten Eigenschaften vor und nach Umkehrung eines Dünndarmsegmentes in folgenden Punkten untersucht:

1. Verhält sich der Frequenzgradient im antiperistaltischen Segment gemäß dessen Herkunft, oder gleicht er sich dem Gradienten der Umgebung an?
2. Hat die Länge eines solchen umgekehrten Segmentes einen Einfluß auf den Frequenzgradienten?
3. Bestehen signifikante Unterschiede zwischen Kurz- und Langzeitergebnissen?
4. Schreiten die langsamen Potentialschwankungen von oral nach aboral entsprechend einer peristaltischen kontinuierlich fort?
5. Wenn ja: Wird diese Eigenschaft nach Gegenschaltung eines Darmsegmentes beibehalten?

B) Methode eigener Untersuchungen

1. Material und experimentelle Methode

Es standen 14 junge Bastardhunde einer mittelgroßen Rasse zur Verfügung. 7 Hunden wurde ein antiperistaltisches Segment von 5 cm Länge, 7 eines von 10 cm Länge eingesetzt.

Die Narkose wurde mit Nembutal eingeleitet und nach Intubation mit Stickoxydul-Sauerstoff-Narkose fortgesetzt. Nach Eröffnen der Bauchhöhle wurden im Ileum die umzudrehenden Darmsegmente von 5- bzw. 10 cm Länge mittels unipolarer Ableitung elektromyographisch durchgemessen, indem die eine Elektrode vor dem Segment, die beiden anderen in jeweils 5 cm Abstand an seinem oralen bzw. aboralen Ende befestigt wurden (Abb. 2). Die Ableitung erfolgte mit 3/0 monophilem V2A-Stahl, der mit PVC-Schläuchen isoliert war. Die 1 mm lange, nicht isolierte Spitze jeden Drahtes wurde flach in die Längsmuskulatur eingestochen und mit 6/0 atraumatischer Naht fixiert. Da die Messungen am vorverlagerten Darm qualitativ bessere Ergebnisse bringen als intraabdominale Messungen (HOFMANN (28)), wurde der Darm vor jeder Ableitung vorgelagert.

Anschließend wurde der elektromyographisch durchgemessene Bezirk für die Gegenschaltung präpariert. Unter Erhaltung eines arteriellen Zuflusses wurde das Segment von 5- bzw. 10 cm Länge vom Darm getrennt und nach Drehung um 180 Grad End-zu-End in zweischichtiger Nahtreihe reanastomosiert (Abb. 1). Die postoperative Ernährung erfolgte parenteral. Später wurde standardisierte Fertignahrung verabreicht.

Nach der Operation wurde bei jedem Tier nach 1 - 6 und 7 - 12 Monaten die Bauchhöhle erneut eröffnet und nach dem oben beschriebenen Verfahren elektromyographische Ableitungen durchgeführt. Zwischen diesen beiden Messungen lag ein Zeitraum von mindestens 4 Monaten.

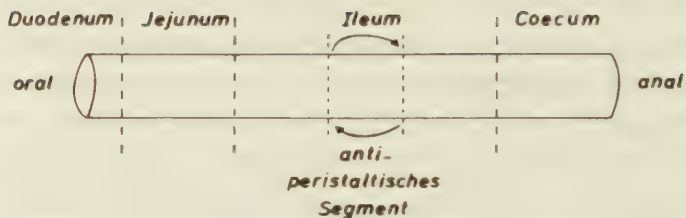
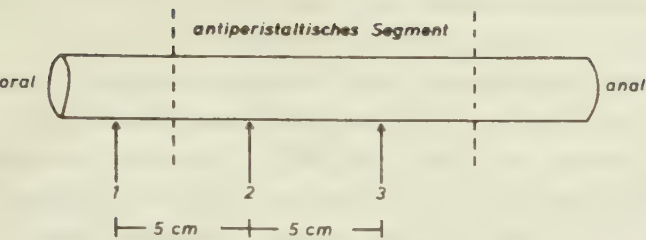


Abbildung 1: Operationsverfahren. Im Ileum wurde ein Darmsegment von 5 bzw. 10 cm Länge vom Darm getrennt und nach Drehung um 180 Grad reanastomosiert.



1 : Orale Elektrode

2 : Orale Elektrode des antiperistaltischen Segmentes

3 : Aborale Elektrode des antiperistaltischen Segmentes

Abbildung 2: Lage der Elektroden. Die orale Elektrode (Elektrode 1) lag vor dem antiperistalt. Segment. Elektrode 2 war 5 cm von Elektrode 1 entfernt auf dem oralen Teil des Segmentes befestigt. Elektrode 3 lag 5 cm aboral von Elektrode 2.

Auswertung der Elektromyogrammkurven:

Jede Kurve wurde in Abschnitte von abwechselnd 40 und 10 cm Länge unterteilt. Auf jeder Kurve wurden die ersten 15 der 10 cm langen Abschnitte ausgewertet. Von den 3 simultan geschriebenen Kurven stammte die oberste von der Elektrode, die vor dem antiperistaltischen Segment lag, die mittlere von seinem oralen und die unterste von seinem aboralen Ende (Abb. 2). Da sich die Maxima der langsamen Potentialschwankungen nicht eindeutig festlegen ließen, wurden zur Auswertung die genau bestimmbaren Minima der Kurven 2 und 3 markiert. Besteht ein Frequenzunterschied zwischen den beiden Ableitungen, so muß auf einer der Kurven die Zahl der Wellen und damit auch der Minima größer sein. Wäre die Frequenz der Ableitung 2 größer, würde dies einer höheren Frequenz am oralen Ende des antiperistaltischen Segmentes entsprechen und umgekehrt. Da bei kleinen Frequenzunterschieden nicht unbedingt zu erwarten ist, daß die Differenzen der Minima von Ableitung 2 und 3 größer oder gleich 1 sind, wurden in jedem Kurvensegment die sich etwa entsprechenden Minima, die vorher senkrecht auf zwei zur Schreibrichtung parallele Geraden (Abstand 2 cm) projiziert worden waren (die Minima der oberen Kurve auf die obere, die der unteren auf die untere Gerade), mit geraden Linien verbunden. Waren die Verbindungslinien der ersten und der letzten Minima parallel oder bildeten sie einen Winkel von weniger als 3 Grad, so wurde der Frequenzunterschied als Null gewertet. Lag der Schnittpunkt der Verbindungslinien oberhalb der Parallelen, so war die Frequenz von Ableitung größer und umgekehrt (Abb. 3, 4). Im folgenden wird von Frequenzzunahme gesprochen, wenn die Frequenz unter der aboralen Elektrode (Elektrode 3) größer war und von Frequenzabnahme, wenn die Frequenz unter der oralen Elektrode (Elektrode 2) größer war.

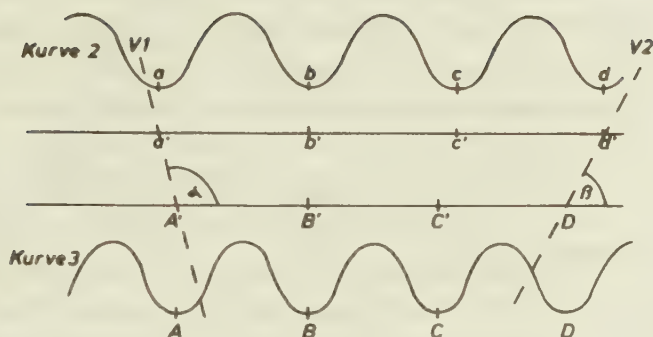


Abbildung 3: Schema der Elektromyogramm-Kurven bei Frequenzzunahme. An dem von den Verbindungslinien V_1 und V_2 eingeschlossenen Winkel wird ersichtlich, daß die höhere Frequenz unter Ableitung 3 gemessen wurde. (a, b, c, d, A, B, C, D : Minima der Kurven. $a', b', \dots, d', A', \dots, D'$: senkrechte Projektion der Minima auf die Parallelen. V_1 : Verbindungslinie der 1. Minima, V_2 : Verbindungslinie der letzten Minima. Die Differenz $\alpha - \beta$ ist gleich dem von V_1 und V_2 eingeschlossenen Winkel.)

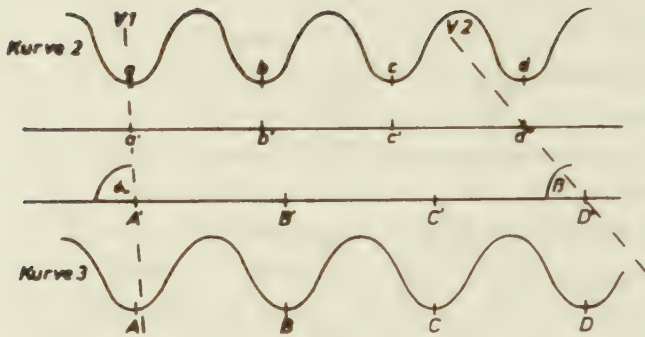


Abbildung 4: Schema der Elektromyogramm-Kurven bei Frequenzabnahme. An dem von den Verbindungslinien V_1 und V_2 eingeschlossenen Winkel wird ersichtlich, daß die höhere Frequenz unter Ableitung 2 gemessen wurde. (a, b, c, d, A, B, C, D: Minima der Kurven. a', ..., d', A', ..., D': senkrechte Projektion der Minima auf die Parallelen. V_1 : Verbindungslinie der 1. Minima, V_2 : Verbindungslinie der letzten Minima. Die Differenz $\alpha - \beta$ ist gleich dem von V_1 und V_2 eingeschlossenen Winkel.)

2. Statistische Methode

Bei jedem Tier wurden

1. vor der Operation,
2. im Zeitraum von 1 - 6 Monaten danach und
3. 7 - 12 Monate nach der Operation

je 15 Messungen durchgeführt. Zwischen Meßzeitpunkt 2 und 3 lagen mindestens 4 Monate. Es wurde notiert, wie groß bei jedem Tier zu den jeweiligen Meßzeitpunkten die Anzahl der gemessenen Frequenzzunahmen, der -abnahmen und des -gleichbleibens war. Die Hunde mit 5 bzw. 10 cm langem antiperistaltischem Segment bildeten je 9 Gruppen (K 1 - 9 für 5 cm, K 10 - 18 für 10 cm langes antiperistaltisches Segment; siehe Tabelle 1). Diese Gruppen entstanden dadurch, daß für jeden der 3 Meßzeitpunkte Frequenzzunahme, -abnahme und -gleichbleiben zusammengefaßt wurden. Die Gruppen der Tiere mit einer Segmentlänge von 5 cm und die Tiere mit einer solchen von 10 cm bildeten je ein Kollektiv.

Um die Rangsummen sämtlicher Frequenzzunahmen bzw. -abnahmen untereinander vergleichen zu können, wurden ebenso alle Gruppen mit Frequenzzu- bzw. -abnahme zu je einem Kollektiv zusammengefaßt (Gruppen K a - f für Frequenzzunahme, K g - l für Frequenzabnahme; Tabelle 2).

Wegen der relativ kleinen Fallzahl wurden die statistischen Berechnungen mit dem H-Test von KRUSKAL und WALLIS (Vergleich mehrerer unabhängiger Stichproben) durchgeführt (SACHS (38)): Man nimmt an, daß alle Gruppen (K 1 - 9, K 10 - 18, K a - f, K g - l) jeweils aus der gleichen Grundgesamtheit stammen und vereinigt die Meßwerte zu je einem Kollektiv mit dem Umfang n (n ist für die beiden Kollektive mit 9 Gruppen je 63 (Anzahl der Gruppen x Anzahl der Tiere = 9×7) und für die beiden Kollektive mit 6 Gruppen je 42 (6×7)). Jeder Meßwert erhält seiner Größe entsprechend

einen Rang von 1 - n. Die Summe der Ränge innerhalb der Gruppen ergibt die Rangsumme R_i ($i = 1 - 9/10 - 18/a - f/g - 1$ Tab. 3, 5, 7, 9). Die erhaltenen Rangsummen werden der Größe nach geordnet. Danach werden gemäß den Tabellen 4, 6, 8, 10 die Differenzen der Rangsummen gebildet. Diese werden mit tabellierten Werten verglichen, um die Signifikanz zu bestimmen (41).

Nach dem beschriebenen Verfahren wurden Rangvarianzanalysen durchgeführt

1. zwischen allen Gruppen der Tiere mit einem antiperistaltischen Segment von 5 cm Länge vor und nach Umdrehung (K 1 - 9),
2. zwischen allen Gruppen der Tiere mit einem antiperistaltischen Segment von 10 cm Länge vor und nach Umdrehung (K 10 - 18),
3. zwischen allen Gruppen mit Frequenzabnahme bei Tieren mit einer Segmentlänge von 5 und 10 cm und
4. zwischen allen Gruppen mit Frequenzzunahme bei Tieren mit einer Segmentlänge von 5 und 10 cm.

Die Werte mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ wurden als statistisch auffällig, die mit $p < 0,01$ als statistisch signifikant gewertet.

Die Gruppen mit Frequenzgleichheit (K 3, 6, 9, 12, 15, 18) werden gebildet aus den Stichproben mit Frequenzgleichheit und geringer Frequenzdifferenz (Winkel der Verbindungslinie der Minima kleiner oder gleich 3 Grad). Sie wurden bei der Auswertung der Ergebnisse nicht gesondert berücksichtigt.

C) Ergebnisse

Bei der Bestimmung des Frequenzgradienten zeigte sich sowohl bei den Tieren mit einer Segmentlänge von 5 cm als auch bei denen mit einer solchen von 10 cm, daß der Gradient bei keinem der Tiere immer die gleiche Richtung hatte. Vielmehr nahm die Frequenz der slow-waves vor der Operation in der Mehrzahl aller Stichproben von oral nach aboral ab (65,7 % (die Prozentangaben beziehen sich jeweils auf 210 Meßwerte)), jedoch wiesen bei jedem der Tiere einige der Stichproben (15,7 %) eine höhere Frequenz unter der aboralen Elektrode auf. In 18,6% aller Stichproben waren die gemessenen Frequenzen unter beiden Elektroden gleich oder die Verbindungslinien der Minima schlossen einen Winkel von weniger als 3 Grad ein. Kein Tier zeigte vor der Operation in der Mehrzahl der Stichproben die höhere Frequenz unter der aboralen Elektrode auf. Nach der Umkehrungsoperation verhielten sich die Frequenzgradienten im Prinzip gleich, jedoch war jetzt in der Mehrzahl der Stichproben die Frequenz unter der aboralen Elektrode größer und unter der oralen kleiner. Die genauen Werte sind in Tabelle 11 aufgeführt.

Bei der statistischen Auswertung zeigte sich im einzelnen folgendes (Der Schlüssel für die Gruppenbezeichnungen ist in den Tabellen 1 und 2 angegeben (S. 23 und 24)).

I. Vergleich aller Gruppen der Tiere mit einem antiperistaltischen Segment von 5 cm Länge:

	Meßzeitpunkt 1			Meßzeitpunkt 2			Meßzeitpunkt 3		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	-								
3	-	-							
4	+	-	+						
5	-	++	-	+					
6	-	-	-	-	-				
7	-	-	+	-	+	-			
8	-	+	-	+	-	-	+		
9	-	-	-	-	-	-	-	-	

II. Vergleich aller Gruppen der Tiere mit einem antiperistaltischen Segment von 10 cm Länge:

	Meßzeitpunkt 1			Meßzeitpunkt 2			Meßzeitpunkt 3		
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
11	++								
12	-	-							
13	++	-	-						
14	-	+	-	+					
15	-	-	-	-	-				
16	++	-	-	-	+	-			
17	-	-	-	-	-	-	-		
18	-	++	-	++	-	-	++	-	

Wie bereits auf S. 13 erwähnt, wurden Vergleiche zwischen den Gruppen mit Gleichbleiben der Frequenz und anderen Gruppen nicht berücksichtigt.

III. Vergleich aller Gruppen mit Frequenzzunahme der Tiere mit
5- und 10 cm langem antiperistaltischem Segment:

	a	b	c	d	e	f
b	-					
c	-	-				
d	-	+	-			
e	+	-	-	++		
f	+	-	-	++	-	

IV. Vergleich aller Gruppen mit Frequenzabnahme der Tiere mit
5- und 10 cm langem antiperistaltischem Segment:

	g	h	i	j	k	l
h	+					
i	+	-				
j	-	+	+			
k	++	-	-	++		
l	+	-	-	+	-	

Es bedeuten: - kein signifikanter Unterschied
+ stat. auffällig mit $p < 0,05$
++ stat. signifikant mit $p < 0,01$.

Die genauen Werte sind in den Tabellen 4, 6, 8, 10 aufgeführt.

Es konnte gezeigt werden:

1. Wird die Frequenz der langsamen Potentialschwankungen des Dünndarmes an zwei Punkten, die in Längsrichtung 5 cm voneinander entfernt sind, gemessen, so wird ersichtlich, daß sich die Frequenz auch innerhalb kleiner Entfernungen ändert. In der Mehrzahl der Stichproben (65,7 %) nahm die Frequenz von oral nach aboral ab. Bei 18,6 % der 210 Stichproben war kein Frequenzunterschied vorhanden. In einer gewissen Häufigkeit kam es sogar zu einer Umkehr der Frequenzgradienten (15,7 %).
2. Der Frequenzgradient auf dem antiperistaltischen Segment verhält sich seiner Herkunft entsprechend: mit Umkehrung des Dünndarmsegmentes kommt es zu einer Umkehrung des Frequenzabfalles.
3. Signifikante Unterschiede zwischen Kurz- und Langzeitergebnissen bestehen nicht, auch zwölf Monate nach Umkehrung des Segmentes bleiben die einmal beobachteten Ergebnisse bestehen.
4. Zwischen den Ergebnissen der Tiere mit einem antiperistaltischen Segment von 5- bzw. 10 cm Länge besteht kein nachweisbarer Unterschied.

D) Diskussion

Aus früheren Untersuchungen anderer Autoren geht hinsichtlich der bioelektrischen und biomechanischen Phänomene am Dünndarm folgendes hervor:

1. Die Frequenz der slow-waves nimmt am intakten Darm von oral nach aboral ab (ARMSTRONG (2), DANIEL (17), HOLADAY (30), MILTON (34), PUESTOW (36, 37)).
2. Auf einem antiperistaltischen Segment bleibt die Frequenz auch innerhalb großer Beobachtungszeiträume gleich (HOFMANN (29)).
3. Es bestehen enge Zusammenhänge zwischen dem Auftreten von spikes und mechanischer Aktivität (BORTOFF (5, 6), BOUISSET (8), BOZLER (9, 10), DANIEL (21, 22), DREWES (24)).
4. Das antiperistaltische Segment behält seine ursprüngliche Transportrichtung bei (HOFMANN (28, 29)).

Das zunächst einfachste slow-wave-Modell war die Annahme einer kontinuierlich vom Duodenum zum Ileum durchlaufenden Potentialschwankung. ARMSTRONG (2), DANIEL (17), HOLADAY (30), MILTON (34), PUESTOW (36, 37) konnten zeigen, daß die Frequenz der slow-waves von oral nach aboral abnimmt, so daß schon nicht mehr eine einzelne durchlaufende Potentialschwankung angenommen werden konnte. DIAMANT (23), BORTOFF, ALVAREZ und BUNKER (4) postulierten daher Segmente im Dünndarm, die von einem Schrittmacher mit einer durchlaufenden Potentialschwankung gesteuert werden. Als Schrittmacher fungiert hierbei jene Stelle mit der höchsten Frequenz. Insbesondere die von DIAMANT und BORTOFF (5, 6) und HIATT (27) exakt durchgeführten Untersuchungen schienen das zu belegen. Bisher wurde jedoch vorausgesetzt, daß bei statistisch annähernd gleichen

Frequenzwerten auch nur eine Potentialschwankung das Segment durchläuft. Häufig wurde die mit zwei Elektroden abgegriffene Welle geringfügig nach oral oder anal verschoben gefunden und dies als Beweis für das Durchlaufen einer Potentialschwankung angesehen. Tatsächlich läßt sich eine Potentialschwankung mit dem üblichen Versuchsaufbau nicht als Fortleitung einer anderen identifizieren, vielmehr muß dies verneint werden, wenn sie nicht in der Frequenz genau übereinstimmen.

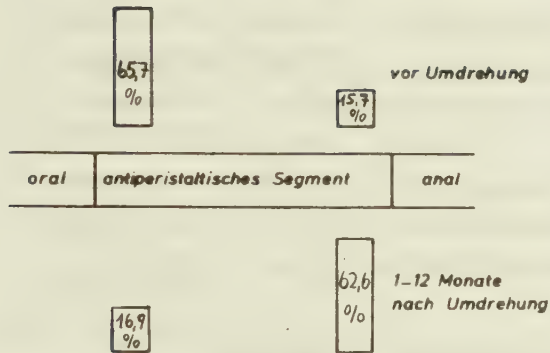
Die vorstehend beschriebene Methode erlaubt es, von zwei gleichzeitig abgegriffenen Potentialschwankungen schon nach wenigen Wellenbergen diejenige mit der höheren Frequenz zu bestimmen. Da bei einem immer gleichbleibenden Elektrodenabstand von 5 cm nur in 18,6% aller 210 Stichproben die gleiche Frequenz vorhanden war, kann es sich in der Mehrzahl der Stichproben nicht um eine fortgeleitete Potentialschwankung gehandelt haben. Das hier gefundene Frequenzverhalten der langsamen Potentialschwankungen läßt sich evtl. damit erklären, daß benachbarte Muskelzellen keine großen Eigenfrequenzdifferenzen haben. Nimmt man an, daß bei jeder Muskelzelle die Eigenfrequenz etwas schwankt, so kann infolge dessen die aborale kurzzeitig auch eine höhere Frequenz aufweisen. Die Beobachtung, daß es nach Durchtrennung der Darmkontinuität zu einer Verlangsamung der slow-waves im aboralen Darm kommt (CASTLETON (13), CODE (15), IDE (32), LAUWERS (33)), steht dazu nicht im Widerspruch. Die Durchtrennungsversuche zeigen, daß eine gegenseitige Beeinflussung der Zellen vorhanden ist; die vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß diese Beeinflussung nicht sehr groß ist. Die slow-waves der Dünndarmlängsmuskulatur sind demnach langsame Potentialschwankungen einzelner Muskelzellen, die unter obigen Versuchsbedingungen wenn überhaupt, dann höchstens

Über kürzeste Distanzen fortgeleitet werden. Hat DIAMANT diese Strecke noch mit 10 cm angegeben, so muß sie aufgrund vorliegender Untersuchungen als wesentlich kürzer gesehen werden. Vielleicht gibt es bisher unbekannte Koordinationsmechanismen (Coherin (HIATT)), die die Ausbreitungsdistanzen zu vergrößern imstande sind. Zur Frage der Determinierung des oral-analen Frequenzgradienten wurden ein kurzes und ein längeres Dünndarmsegment antiperistaltisch eingepflanzt. Hier fand sich nun eine genaue Umkehrung der Frequenzunterschiede derart, daß etwa mit der gleichen Häufigkeit, die am intakten Darm für oral galt, anal der höhere Wert gefunden wurde.

Wie die statistischen Ergebnisse zeigen, bestehen signifikante Unterschiede zwischen Frequenzzunahme bzw. -abnahme vor und nach Umdrehung (2/5, 2/8, 4/1, 10/13, 10/16, 11/14, e/a, e/d, j/i, j/l, j/h, j/k, g/i, g/l, g/h, g/k, f/a, f/d, die Differenzen der Rangsummen von 1/7 und 11/17 liegen knapp unter einer Irrtumswahrscheinlichkeit von p kleiner als 0,05). Keine stat. auffälligen bzw. signifikanten Unterschiede bestehen zwischen Frequenzabnahme vor Umdrehung und Frequenzzunahme nach Umdrehung und zwischen Frequenzzunahme vor Umdrehung und Frequenzabnahme nach Umdrehung (1/5, 1/8, 2/4, 2/7, 10/14, 10/17, 11/13, 11/16). Ebenfalls keine signifikanten Unterschiede bestehen zwischen den sich entsprechenden Ergebnissen der 5 cm- und 10 cm-Tiere. Tabelle 11 zeigt, daß das antiperistaltische Segment in seinem Frequenzverhalten durch die Operation nicht beeinflusst wurde. Das Verhalten des Darmes ist demnach z. B. dem des Flimmerepithels, dessen Schlagrichtung erblich festgelegt ist (WATZKA (40)), sehr ähnlich. Wie HOFMANN (29) zeigte, ändert sich die slow-waves-Frequenz eines

antiperistaltischen Segmentes auch innerhalb großer Beobachtungszeiträume nicht. Eine Umkehr des Frequenzgradienten wird durch diese Feststellung nicht ausgeschlossen. Wie die geringen Differenzen der Rangsummen von entsprechenden Ergebnissen nach 1 - 6 und 7 - 12 Monaten zeigen (b/c, e/f, h/i, k/l), ändert sich der Frequenzgradient auch innerhalb großer Beobachtungszeiträume nicht. Der Vergleich entsprechender Ergebnisse von Tieren mit 5 cm und solchen mit 10 cm langem antiperistaltischem Segment zeigt, daß keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen bestehen. Vom elektrophysiologischen Verhalten her gesehen gibt es keinen Grund, eine der Segmentlänge analoge Änderung der bioelektrischen Eigenschaften anzunehmen.

Wie die Untersuchungen zeigen, toleriert der Darm zumindest unter den beschriebenen Versuchsbedingungen den unphysiologischen Eingriff der Operation ohne Änderung seines physiologischen Verhaltens. Neben einer von CASTLETON (13), CODE (15), IDE (32), LAUWERS (33) und DIAMANT (23) beschriebenen, durch die Unterbrechung der Darmkontinuität bedingten Frequenzabnahme der langsamen Potentialschwankungen, zeigt der Darm auch während langer Beobachtungszeiträume keinen Wandel in seiner elektrophysiologischen Aktivität. Die Umkehrung des Frequenzgradienten mit der Drehung des Darmsegmentes zeigt, daß jener nicht streng, aber doch weitgehend und endgültig in der ursprünglich oral-analen Richtung determiniert ist. Da auch die mechanische Aktivität in der ursprünglichen Richtung determiniert bleibt (HOFMANN (28, 29)), ist in dem Ergebnis dieser Untersuchungen ein weiteres Indiz für die enge und ursächliche Verknüpfung von slow-waves und peristaltischen Kontraktionen der Dünndarmwand zu sehen.



Bezugswert: jeweils 210 Stichproben

Abbildung 5: Die Größen der Flächen veranschaulichen, wie oft an dem jeweiligen Ende des antiperistaltischen Segmentes vor und nach Umdrehung die höhere Frequenz gemessen wurde. Die Ergebnisse der Tiere aus der 5- und 10 cm-Gruppe wurden zusammengefaßt.

Nr.	Frequenzverhalten	Segment- länge
1	Frequenzzunahme vor Umdrehung	5 cm
2	Frequenzabnahme vor Umdrehung	
3	Gleichbleiben der Frequenz vor Umdrehung	
4	Frequenzzunahme 1 - 6 Monate nach Umdrehung	
5	Frequenzabnahme 1 - 6 Monate nach Umdrehung	
6	Gleichbleiben der Frequenz 1 - 6 Monate nach Umdrehung	
7	Frequenzzunahme 7 - 12 Monate nach Umdrehung	
8	Frequenzabnahme 7 - 12 Monate nach Umdrehung	
9	Gleichbleiben der Frequenz 7 - 12 Monate nach Umdrehung	
10	Frequenzzunahme vor Umdrehung	10 cm
11	Frequenzabnahme vor Umdrehung	
12	Gleichbleiben der Frequenz vor Umdrehung	
13	Frequenzzunahme 1 - 6 Monate nach Umdrehung	
14	Frequenzabnahme 1 - 6 Monate nach Umdrehung	
15	Gleichbleiben der Frequenz 1 - 6 Monate nach Umdrehung	
16	Frequenzzunahme 7 - 12 Monate nach Umdrehung	
17	Frequenzabnahme 7 - 12 Monate nach Umdrehung	
18	Gleichbleiben der Frequenz 7 - 12 Monate nach Umdrehung	

Tabelle 1: Einteilung der Gruppen 1 - 18.

Jedem Frequenzverhalten zu den verschiedenen
Zeitpunkten wurde nach obigem Schlüssel eine
Nummer zugeteilt.

Nr.	Frequenzverhalten	Segment- länge
a	Frequenzzunahme vor Umdrehung	5 cm
b	" 1 - 6 Monate nach Umdrehung	
c	" 7 - 12 Monate nach Umdrehung	
d	" vor Umdrehung	10 cm
e	" 1 - 6 Monate nach Umdrehung	
f	" 7 - 12 Monate nach Umdrehung	
g	Frequenzabnahme vor Umdrehung	5 cm
h	" 1 - 6 Monate nach Umdrehung	
i	" 7 - 12 Monate nach Umdrehung	
j	" vor Umdrehung	10 cm
k	" 1 - 6 Monate nach Umdrehung	
l	" 7 - 12 Monate nach Umdrehung	

Tabelle 2: Einteilung der Gruppen a - l.

In Abhängigkeit von Frequenzzu- oder -abnahme,
von Frequenzverhalten und von der Segmentlänge
erhielt jede Gruppe eine Nummer.

Gruppen- nummer Tier- nummer	Meßzeitpunkt 1				Meßzeitpunkt 2				Meßzeitpunkt 3			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	3/20,5	8/48,5	4/31,5	5/36,0	4/31,5	6/40,0	12/59,5	3,20,5	0/-			
2	2/8	11/57,5	2/8	10/54,5	3/20,5	2/8	11/57,5	1/2	3/20,5			
3	2/8	10/54,5	3/20,5	6/40,0	2/8	7/44,5	6/40,0	2/8	7/44,5			
4	3/20,5	7/44,5	5/36,0	8/48,5	3/20,5	4/31,5	7/44,5	3/20,5	5/36,0			
5	3/20,5	12/59,5	0/-	13/61,0	1/2	1/2	6/40,0	3/20,5	6/40,0			
6	3/20,5	10/54,5	2/8	9/51,5	3/20,5	3/20,5	8/48,5	3/20,5	4/31,5			
7	4/31,5	8/48,5	3/20,5	10/54,5	2/8	3/20,5	9/51,5	4/31,5	2/8			
Rangsumme Ri	129,5	367,5	124,5	346,0	111,0	167,0	341,5	123,5	180,5			

Tabelle 3: Rangsummen der Gruppen 1 - 9.

Vor den schrägen Querstrichen stehen jeweils die Häufigkeiten der Stichproben mit der Gruppe entsprechendem Frequenzverhalten, hinter den Querstrichen die dazugehörigen Ränge. Die Summe der Ränge pro Gruppe ergibt die Rangsumme Ri. (Zur Gruppeneinteilung s. S. 23).

Gruppennummer	2	4	7	9	6	1	3	8	
	Ri	367,5	346,0	341,5	180,5	167,0	129,5	124,5	123,5
4	346,0	21,5							
7	341,5	26,0	4,5						
9	180,5	187,5	165,5	161,0					
6	167,0	200,5	179,0	174,5	13,5				
1	129,5	238,0 +	216,5 +	212,0	51,0	37,5			
3	124,5	243,0 +	221,5 +	217,0 +	56,0	42,5	5,0		
8	123,5	244,0 +	222,5 +	218,0 +	57,0	43,5	6,0	1,0	
5	111,0	256,5 ⁺⁺	235,0 +	230,5 +	69,5	36,0	18,5	13,5	12,5

+ p ≤ 0,05
++ p ≤ 0,01

Tabelle 4: Differenzen der Rangsummen von Gruppe 1 - 9.

Die Differenzen wurden mit tabellierten Werten verglichen, um die Signifikanz zu bestimmen. (Zur Gruppeneinteilung s. S. 23).

Tier- nummer	Gruppen-			Meßzeitpunkt 1			Meßzeitpunkt 2			Meßzeitpunkt 3		
	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
1	2/12,5	8/41,5	5/39,0	13/58,0	0/-	2/12,5	10/50,5	3/26,5	2/12,5			
2	3/26,5	10/50,5	2/12,5	8/41,5	3/26,5	4/36,0	8/41,5	4/36,0	3/26,5			
3	2/12,5	9/45,5	4/36,0	9/45,5	3/26,5	3/26,5	12/56,0	2/12,5	1/3,0			
4	1/3,0	13/58,0	1/3,0	11/55,0	1/3,0	3/26,5	8/41,5	3/26,5	4/36,0			
5	2/12,5	9/45,5	4/36,0	10/50,5	2/12,5	3/26,5	10/50,5	3/26,5	2/12,5			
6	3/26,5	10/50,5	2/12,5	10/50,5	3/26,5	2/12,5	14/60,0	1/3,0	0/-			
7	0/-	13/58,0	2/12,5	10/50,5	3/26,5	2/12,5	10/50,5	3/26,5	2/12,5			
Rangsumme Ri	93,5	348,5	151,5	351,0	121,5	153,0	350,5	157,5	103,0			

Tabelle 5: Rangsummen der Gruppen 10 - 18.

Vor den schrägen Querstrichen stehen jeweils die Häufigkeiten der Stichproben mit der Gruppe entsprechendem Frequenzverhalten, hinter den Querstrichen die dazugehörigen Ränge. Die Summe der Ränge pro Gruppe ergibt die Rangsumme Ri. (Zur Gruppeneinteilung

s. S. 23).

Gruppennummer	13	16	11	17	15	12	14	18
Ri	351,0	350,5	348,5	157,5	153,0	151,5	121,5	103,0
16	350,5	0,5						
11	348,5	2,5	2,0					
17	157,5	193,5	193,0	191,0				
15	153,0	198,0	197,5	195,5	4,5			
12	151,5	199,5	199,0	197,0	6,0	1,5		
14	121,5	229,5 +	229,0 +	227,0 +	36,0	31,5	30,0	
18	103,0	248,0 ⁺⁺	247,5 ⁺⁺	245,5 ⁺⁺	54,5	50,0	48,5	18,5
10	93,5	257,5 ⁺⁺	257,0 ⁺⁺	255,0 ⁺⁺	64,0	59,5	58,0	28,0
								9,5

Tabelle 6: Differenzen der Rangsummen von Gruppe 10 - 18.

Die Differenzen wurden mit tabellierten Werten verglichen,
um die Signifikanz zu bestimmen. (Zur Gruppeneinteilung s. S. 23).

Gruppen- nummer	Tier- nummer					
	a	b	c	d	e	f
1	3/9,5	5/14,0	12/37,5	2/4,0	13/39,5	10/30,5
2	2/4,0	10/30,5	11/35,5	3/9,5	8/21,0	8/21,0
3	2/4,0	6/16,0	6/16,0	2/4,0	9/25,0	12/37,5
4	3/9,5	8/21,0	7/18,0	1/1,0	11/35,5	8/21,0
5	3/9,5	13/39,5	6/16,0	2/4,0	10/30,5	10/30,5
6	3/9,5	9/25,0	8/21,0	3/9,5	10/30,5	14/41,0
7	4/13,0	10/30,5	9/25,0	0/-	10/30,5	10/30,5
Rangsumme Ri	59,0	176,5	169,0	32,0	212,5	212,0

Tabelle 7: Rangsummen der Gruppen a - f.

Vor den schrägen Querstrichen stehen jeweils die Häufigkeiten der Stichproben mit der Gruppe entsprechendem Frequenzverhalten, hinter den Querstrichen die dazugehörigen Ränge. Die Summe der Ränge pro Gruppe ergibt die Rangsumme Ri.

(Zur Gruppeneinteilung s. S. 24).

Gruppennummer	e	f	b	c	d
	Ri	212,5	212,0	176,5	169,0
f	212,0	0,5			
b	176,5	36,0	35,5		
c	169,0	43,5	43,0	7,5	
a	59,0	153,5 ⁺	153,0 ⁺	117,5	110,0
d	32,0	180,5 ⁺⁺	180,0 ⁺⁺	144,5 ⁺	137,0
					27,0

+ $p \leq 0,05$
 ++ $p \leq 0,01$

Tabelle 8: Differenzen der Rangsummen der Gruppen a - f.

Die Differenzen wurden mit tabellierten

Werten verglichen, um die Signifikanz zu be-

stimmen. (Zur Gruppeneinteilung s. S. 24).

Tier- nummer	Gruppen nummer					
	g	h	i	j	k	l
1	8/30,0	4/26,0	3/17,0	8/30,0	0/-	3/17,0
2	11/38,0	3/17,0	1/ 2,5	10/35,5	3/17,0	4/26,0
3	10/35,5	2/ 7,0	2/ 7,0	9/32,5	3/17,0	2/ 7,0
4	7/28,0	3/17,0	3/17,0	13/40,5	1/ 2,5	3/17,0
5	12/39,0	1/2,5	3/17,0	9/32,5	2/ 7,0	3/17,0
6	10/35,5	3/17,0	3/17,0	10/35,5	3/17,0	1/ 2,5
7	8/30,0	2/ 7,0	4/26,0	13/40,5	3/17,0	3/17,0
Rangsumme R _i	236,0	93,5	103,5	247,0	77,5	103,5

Tabelle 9: Rangsummen der Gruppen g - l.

Vor den schrägen Querstrichen stehen jeweils die Häufigkeiten der Stichproben mit der Gruppe entsprechendem Frequenzverhalten, hinter den Querstrichen die dazugehörigen Ränge. Die Summe der Ränge pro Gruppe ergibt die Rangsumme R_i.

Gruppennummer					
	Ri	j	g	i	l
		247,0	236,0	103,5	103,5
g	236,0	11,0			
i	103,5	143,5 +	132,5 +		
l	103,5	143,5 +	132,5 +	--	
h	93,5	153,5 +	142,5 +	10,0	10,0
k	77,5	169,5 ⁺⁺	158,5 ⁺⁺	26,0	26,0
					16,0

Tabelle 10: Differenzen der Rangsummen der Gruppen g - l.

Die Differenzen wurden mit tabellierten Werten verglichen, um die Signifikanz zu bestimmen.

(Zur Gruppeneinteilung s. S. 24).

1. 5 cm langes antiperist. Segment

	Frequenz- zunahme	Frequenz- abnahme	Gleichbleiben der Frequenz
Vor Umdrehung	19,0%	62,8%	18,2%
1 - 6 Monate nach Umdr.	58,0%	17,1%	24,9%
7 - 12 Monate nach Umdr.	56,2%	18,1%	25,7%

2. 10 cm langes antiperist. Segment

Vor Umdrehung	12,4%	68,6%	19,0%
1 - 6 Monate nach Umdr.	67,6%	14,3%	18,1%
7 - 12 Monate nach Umdr.	68,6%	18,1%	13,3%

Tabelle 11: Häufigkeiten des zu den verschiedenen Meßzeitpunkten bei Tieren mit einem Segment von 5 bzw. 10 cm Länge gefundenen Frequenzverhaltens. Die Prozentangaben beziehen sich jeweils auf 105 Meßwerte.

E) Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung wurde das Verhalten der langsamen Potentialschwankungen am Dünndarm junger Hunde vor und nach Umdrehung eines Darmsegmentes von 5 bzw. 10 cm Länge beschrieben. Nach einem kurzen Literaturüberblick und der Erläuterung der Versuchsanordnung wird eine Methode beschrieben, die es ermöglicht, auch kleine Frequenzdifferenzen der langsamen Potentialschwankungen einfach und exakt festzustellen. Bezüglich der Physiologie der langsamen Potentialschwankungen konnten folgende neue Ergebnisse gewonnen und statistisch belegt werden:

1. Die Frequenz der langsamen Potentialschwankungen ändert sich auch innerhalb kleiner Entfernungen. Eine Fortleitung der Potentialschwankungen über größere Strecken kann bei obiger Versuchsanordnung nicht festgestellt werden, da nur in 19,87 % von 630 Stichproben unter beiden Elektroden die gleiche Frequenz gefunden wurde.
2. Der Frequenzgradient hat am intakten Darm im allgemeinen (65,7 % von 210 Stichproben) eine oral-anale Richtung, jedoch wird in einer gewissen Häufigkeit (18,6 % von 210) auch eine Umkehr zur anal-oralen Richtung beobachtet.
3. Durch Messung an antiperistaltischen Segmenten wird gezeigt, daß der Frequenzgradient der langsamen Potentialschwankungen in der ursprünglich oral-analen Richtung determiniert ist. Eine Änderung dieses Verhaltens kann auch nach langen Zeiträumen nicht festgestellt werden.
4. Der Frequenzgradient der langsamen Potentialschwankungen ist nicht von der Segmentlänge abhängig.

In der anschließenden Diskussion wird eine Deutung der Ergebnisse versucht und festgestellt, daß die Schrittmacherhypothese zur Erklärung der vorliegenden Resultate zumindest nicht in der bisherigen Formulierung angewendet werden kann.

Es wird in Erwägung gezogen, daß die Richtung des Frequenzgradienten der langsamen Potentialschwankungen im Dünndarm erblich festgelegt sein könnte.

F) Literaturübersicht

- 1 ALVAREZ, W. C. Action currents in the stomach
and intestine.
Amer. J. Physiol. 58:476-493 (1922)

- 2 ARMSTRONG, H. I. O. Electropotential changes of the
MILTON, G. W. small intestine.
SMITH, A. W. M. J. Physiol. 131:147-153 (1956)

- 3 BASS, P. Electric activity of smooth muscle
of the gastrointestinal tract.
Gastroenterology 49:391-394 (1965)

- 4 BORTOFF, A. Slow potential variations of
 small intestine.
Amer. J. Physiol. 201:203-208 (1961)

- 5 BORTOFF, A. Electrical transmission of slow
waves from longitudinal to
circular intestinal muscle.
Amer. J. Physiol. 209:1254-1260 (1965)

- 6 BORTOFF, A. Temporal Relationship between
GHALIB, E. Electrical and Mechanical Activity
of Longitudinal and Circular Muscle
during Intestinal Peristalsis.
Dig. Dis. 17: 317-325 (1972)

- 7 BORTOFF, A. Electronic spread of slow waves in
SACHS, F. circular muscle of small intestine.
Am. J. Physiol. 218:576-581 (1970)

- 8 BOUISSET, S. Integrated electromyographical
activity and muscle work.
J. App. Physiol. 35:695-702 (1973)

- 9 BOZLER, E. The relation of the action potentials to mechanical activity in intestinal muscle.
Am. J. Physiol. 146:496-501 (1946)
- 10 BOZLER, E. Smooth muscle physiology, past and future.
Philos. Trans. R. Soc. Lond. 265: 3-6 (1973)
- 11 BUNKER, C. E. Use of the electroenterogram to determine pacemaker activity of the small intestine.
NELSEN, T. S. Surg. Forum 15:293 (1964)
- 12 BUNKER, C. E. Chronic in Situ Studies of the Electrical Activity of the Small Intestine.
JOHNSON, L. P. Arch. Surg. 95:259-268 (1967)
NELSEN, T. S.
- 13 CASTLETON, K. B. An experimental studie of the movements of the small intestine.
Am. J. Physiol. 107:641-646 (1934)
- 14 CLIFTON, J. A. The human small intestinal slow wave
CHRISTENSEN, J. Trans. Am. Clin. Lim. Ass. 77: 217-225 (1965)
SCHEDL, H. P.
- 15 CODE, C. F. The effect of duodenal and mid small bowel transection on the frequency gradient of the pacesetter potential in the canine small intestine
SZURSZEWski, J. H. J. Physiol. 207:281-289 (1970)

- 16 DANIEL, E. E. Electrical activity of the longi-
HONOUR, A. J. tudinal muscle of dog small intestine
BOGOCH, A. studied in vivo using microelectrodes.
Am. J. Physiol. 198:113-118 (1960)
- 17 DANIEL, E. E. Electrical activity of the small
CARLOW, D. R. intestine.
WACHTER, B. T. Gastroenterol. 37:268-281 (1959)
SUTHERLAND, W. H.
BOGOCH, A.
- 18 DANIEL, E. E. The Possible Role of Close Contacts
ROBINSON, K. (Nexuses) in the Propagation of
DUCHON, G. Control Electrical Activity in the
HENDERSON, R. M. Stomach and Small Intestine.
Dig. Dis. 16:611-622 (1971)
- 19 DANIEL, E. E. Electrical Activity of the Stomach
IRWIN, J. and Upper Intestine.
Dig. Dis. 16:602-610 (1971)
- 20 DANIEL, E. E. The Electrical Activity of the
Alimentari Tract.
New Series 13:297-318 (1968)
- 21 DANIEL, E. E. Electrical Activity of the Gastro-
CHAPMAN, K. M. intestinal Tract as an Indication
of Mechanical Activity.
Am. J. Dig. Dis. 8:54-102 (1963)
- 22 DANIEL, E. E. The relationship between electrical
WACHTER, B. T. and mechanical activity of the small
HONOUR, A. J. intestine of dog and man.
BOGOCH, A. Can. J. Biochem. Physiol. 38:
777-791 (1960)

- 23 DIAMANT, N. E.
BORTOFF, A. Nature of the intestinal slow wave frequency gradient.
Am. J. Physiol. 216:301-307 (1969)
- 24 DREWES, V. M. Small Intestinal Cinematography Correlated to Pressure Waves, Differential Pressure and Action Potentials.
Dig. Dis. 17:352-355 (1972)
- 25 GOERTTLER, K. Der konstruktive Bau der menschlichen Darmwand.
Morphol. Jahrbuch 69:329-379 (1932)
- 26 GREVEN, K. Autogene Rhythmen der glatten Muskulatur.
Hippokrates 44:321-322 (1973)
- 27 HIATT, R. B.
GOODMAN, I. Intestinal Motility.
J. of Surg. Res. 11:454-463 (1971)
- OVERWEG, N. I. A.
- 28 HOFMANN, S. Experimentelle Studien an gegen- geschalteten Dünndarmsegmenten zur Therapie des "Short Bowel Syndrom"
I. Teil: Langzeituntersuchungen an jungen Hunden.
Bruns' Beitr. klin. Chir. 219: 764-778 (1972)

- 29 HOFMANN, S. Experimentelle Studien an gegengeschalteten Dünndarmsegmenten zur Therapie des "Short Bowel Syndrom" II. Teil: Röntgencinematographische Bewegungsstudien bei Segmentgegenschaltung im Dünndarmbereich. Bruns' Beitr. klin. Chir. 220: 88-102 (1973)
- 30 HOLADAY, D. A. Electrical Activity of the Small Intestine with Special Reference to the Origin of Rhythmicity. Am. J. Physiol. 195:505-515 (1958)
- VOLK, H.
MANDELL, J.
- 31 ICHIKAWA, S. Slow waves of smooth muscle of the gastrointestinal tract. Jap. J. Smooth Muscle Res. 8: 16-31 (1972)
- 32 IDE, J. Rapport de la comission chargée d'examiner le mémoire d' E. E. LAUWERS et B. DAMNYANOVITSCH. Bull. Acad. med. Belg. 15:367 (1934)
- 33 LAUWERS, E. E. La motilité de segments intestinaux inverses. Bull. Acad. med. Belg. 14:425 (1934)
- DAMNYANOVITSCH, B.
- 34 MILTON, G. W. Origin of the rhythmic potential changes in the duodenum. Quart. J. exp. Physiol. 40:79-88 (1955)
- SMITH, A. W. M.
ARMSTRONG, H. I. O.

- 35 PUESTOW, C. B. Studies on the Origin of the Automaticity of the Intestine.
Am. J. Physiol. 106:682 (1932)
- 36 PUESTOW, C. B. The activity of isolated intestinal segments.
Arch. Surg. 24:565-573 (1932)
- 37 PUESTOW, C. B. Intestinal motility of the dog and man.
University of illinois Press,
Urbana 1970
- 38 SACHS, L. Statistische Auswertungsmethoden.
Springer Verlag Berlin, Heidelberg,
New York (1968)
- 39 SALMON, P. A. The effect of temperature on
 GRIFFEN, W. O. intestinal motility.
 JENSON, C. B. Surgery 46: 873-879 (1959)
 WANGENSTEEN, O. H.
- 40 WATZKA, M. Kurzlehrbuch der Histologie und
mikroskopischen Anatomie des Menschen.
F. K. Schattauer Verlag Stuttgart
(1969)
- 41 WILCOX, R. A. Some rapid approximate statistical
procedures.
Lederle Laboratories
Pearl River, New York

Herrn Professor Dr. F. KÜmmerle, Direktor der Chirurgischen Universitätsklinik Mainz, danke ich für die Freundlichkeit, daß ich an seiner Klinik die Arbeiten durchführen durfte.

Herrn Professor Dr. K. S. Hofmann gilt mein besonderer Dank für die Überlassung des Themas und seine freundliche Beratung.

Herrn Dr. M. Stahlschmidt danke ich für seine hilfreiche Unterstützung und Beratung.

Weiterhin möchte ich Frau Dr. W. Ehrenberg-Kieckebusch, Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation der Universität Mainz, für ihre Unterstützung bei den statistischen Auswertungen danken.

Herrn Prof. Dr. H. Brünner, Chirurgische Universitätsklinik Mainz, gilt mein Dank für die Übernahme des Korreferates.

G) Lebenslauf

Am 21. Dezember 1951 wurde ich in Pfungstadt geboren als Sohn des Bundesbahnoberamtsrates Albert Reinheimer und seiner Ehefrau Elfriede geb. Kraft.

Die Grundschule besuchte ich ab 1958 in Pfungstadt, von 1962 an die Justus Liebig-Schule in Darmstadt. 1968 wechselte ich in das Schuldorf Bergstraße, das ich 1970 mit dem Reifezeugnis verließ.

Im Wintersemester 1970 begann ich das Studium der Zahnheilkunde an der Johannes Gutenberg-Universität zu Mainz und bestand dort im Herbst 1971 die naturwissenschaftliche Vorprüfung für Zahnmediziner.

Das Studium der Medizin begann ich im Sommersemester 1972. Im Herbst 1972 legte ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung für Mediziner ab.

Die ärztliche Vorprüfung bestand ich im Frühjahr 1973, die zahnärztliche Vorprüfung im Herbst des gleichen Jahres.

Vor dem Ausschuß für die Ärztliche Prüfung an der Universität in Mainz schloß ich am 14. Juli 1976 das Studium der Medizin mit dem Staatsexamen ab.

